

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

**Řešení pracoviště tryskání**

**The Solution of the Workplace Shot Blasting**

Student:

Bc. René Blejchař

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Šajdlerová Ivana, Ph.D.

Ostrava 2011

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. René Blejchař**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Téma: **Řešení pracoviště tryskání**  
**The Solution of the Workplace Shot Blasting**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.
2. Analýza současného stavu z hlediska stávající technologie, kapacit, využitelnosti zařízení, dosahované kvality, nákladovosti.
3. Vyhodnocení analýzy, identifikace problémových míst, specifikace požadavků z pohledu výrobce, zákazníků, zákoných požadavků.
4. Vlastní návrhy řešení.
5. Celkové zhodnocení přínosu práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

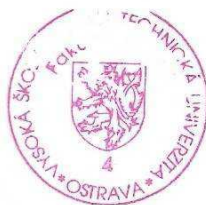
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.  
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.  
BASL, J., TŮMA, M., GLASL, V. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: ZÚ v Plzni, 2002. 140 s. ISBN 80-7082-936-2  
HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty*. 3. vyd. Brno: CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.  
LÍBAL, V. A KOL. *Organizace a řízení výroby*. 7. vyd. Praha: SNTL 1989. 559s.  
TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: Grada Publishing spol. s r.o. 2000. 412 s. ISBN 80-7169-955-1

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011




  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5 2011

  
.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na mojí diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB–TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB–TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16.5.2011 .....

  
.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: René Blejchař

Adresa trvalého pobytu autora práce: Aloise Jiráska 7/1523, Havířov, 73601

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

BLEJCHAŘ, R. *Řešení pracoviště tryskání: diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2011, 53 s. Vedoucí práce: Ing. Šajdlerová, I., Ph.D.

Diplomová práce se zabývá posouzením současného stavu pracoviště tryskání materiálu, které je již zastaralé, což se projevuje poruchovostí a vysokými náklady na opravy. Otryskávání materiálu je jedna z důležitých operací, která předchází finální povrchové úpravě, a má zásadní vliv na její životnost. Cílem této práce je návrh revitalizace pracoviště s ohledem na technické i finanční aspekty, pomocí vícekritériální metody rozhodování. V závěru byl zhodnocen jak finanční, tak i technický přínos navržené varianty.

## **ANNOTATION OF MASTER THESIS**

BLEJCHAŘ, R. *The Solution of the Workplace Shot Blasting: Master Thesis*. VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2011, 53 p. Thesis head: Ing. Šajdlerová, I., Ph.D.

Master thesis deals with the assessment of the current state of the workplace shoot blasting, which is already obsolete. It have an effect on failure rate and the high cost of repairs. Shot blasting is one of the important operations, which precedes the final surface operation, and has a dominant impact on her life. The aim of this work is a proposal for revitalization of the workplace with regard to the technical and financial aspects, using the more-criteria method of decision-making. In conclusion, it was evaluated as the financial and technical contribution of the proposed variants.

# Obsah

<b>Seznam použitého značení .....</b>	<b>8</b>
<b>Seznam použitých zkratk .....</b>	<b>9</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>10</b>
<b>1 Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.....</b>	<b>11</b>
1.1 Technologie tryskání.....	11
1.2 Čistota povrchu po otryskání .....	13
1.3 Způsoby tryskání .....	14
1.3.1 Injektorový tryskací systém.....	14
1.3.2 Tlakový tryskací systém.....	14
1.3.3 Metací tryskací systém .....	15
1.4 Tryskací stroje .....	16
1.4.1 Tryskací stroje využívající injektorový tryskací systém.....	16
1.4.2 Tryskací stroje využívající tlakový tryskací systém.....	17
1.4.3 Tryskací stroje využívající tlakový tryskací systém.....	18
<b>2 Analýza současného stavu .....</b>	<b>19</b>
2.1 Popis společnosti.....	19
2.2 Analýza výrobního programu .....	21
2.3 Současný stav na pracovišti tryskání .....	22
2.4 Kapacitní požadavky.....	23
2.4.1 Srovnání průběžných dob tryskání.....	23
2.4.2 Kapacita tryskacího boxu pro dvousměnný provoz .....	25
2.4.3 Kapacita tryskacího boxu pro tři směny .....	27
2.4.4 Kapacita tryskacího boxu pro nepřetržitý provoz.....	27
2.4.5 Kapacita průběžného tryskacího stroje pro dvousměnný provoz.....	28
2.4.6 Vyhodnocení kapacit .....	29
2.5 Poruchovost a náklady na opravy .....	30
2.5.1 Poruchovost.....	30
2.5.2 Náklady na opravy .....	32
<b>3 Vyhodnocení analýzy.....</b>	<b>34</b>
<b>4 Vlastní návrhy řešení .....</b>	<b>35</b>
4.1 Varianta 1 - generální oprava .....	35
4.2 Varianta 2 nákup nového průběžného tryskacího stroje.....	36
4.2.1 Specifikace požadavků nového stroje .....	36
4.2.2 Volba kritérií pro vícekritériální rozhodování .....	37
4.2.3 Stanovení koeficientů významnosti metodou známkování .....	37
4.2.4 Výběr stroje metodou PATTERN .....	41
4.2.5 Dotace EU .....	43

<b>5</b>	<b>Výsledné řešení.....</b>	<b>44</b>
5.1	Výběr varianty.....	44
5.2	Návratnost investice .....	45
5.2.1	Předpokládaná průběžná doba tryskání.....	45
5.2.2	Rozdělení kapacit mezi jednotlivá pracoviště.....	45
5.2.3	Návratnost investice bez dotace EU .....	46
5.2.4	Návratnost investice s dotací EU .....	47
5.3	Návrh umístění pracoviště .....	48
5.3.1	Analýza materiálového toku.....	48
5.4	Návrh technologické dispozice.....	48
<b>6</b>	<b>Zhodnocení navrženého řešení.....</b>	<b>49</b>
	<b>Závěr .....</b>	<b>51</b>
	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>52</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>53</b>

## Seznam použitého značení

$A$	počet dnů sobot a nedělí	[ <i>dny</i> ]
$B$	počet dnů placených svátků	[ <i>dny</i> ]
$B_j$	koefficient významnosti jednotlivých kritérií	[ - ]
$B_{kj}$	známka přiřazená $k$ -tým expertem $j$ -tému kritériu	[ - ]
$C$	počet dnů dovolené	[ <i>dny</i> ]
$D_r$	počet dnů v roce	[ <i>dny</i> ]
$E_{de}$	efektivní časový fond dělníka	[ <i>dny/rok</i> ]
$E_{se}$	využitelná kapacita pracoviště	[ <i>hod/rok</i> ]
$G$	počet dnů pracovní neschopnosti a obecných překážek v práci	[ <i>dny</i> ]
$g$	počet vzájemně zaměnitelných pracovišť	[ - ]
$h$	počet pracovních hodin za směnu	[ <i>hodiny</i> ]
$h_{bj}$	hodnota kritéria nejhorší varianty	[ - ]
$h_{ij}$	hodnota $i$ -te varianty $j$ -tého kritéria	[ - ]
$J$	jednorázový náklad	[ <i>Kč</i> ]
$K_B$	kapacita tryskacího boxu	[ <i>t/měsíc</i> ]
$K_P$	kapacita průběžného tryskacího stroje	[ <i>t/měsíc</i> ]
$m$	počet vybraných kritérií	[ - ]
$m_p$	hmotnost otryskaného materiálu	[ <i>t</i> ]
$m_v$	hmotnost výrobového představitele	[ <i>t</i> ]
$N_{ND}$	roční náklady na náhradní díly	[ <i>Kč</i> ]
$N_1$	roční náklady na výchozí stav	[ <i>Kč</i> ]
$N_2$	roční náklady navrhovaného stavu	[ <i>Kč</i> ]
$N_{mz}$	náklady mzdové na hodinu oprav	[ <i>Kč</i> ]
$N_{opr}$	finanční roční náklady na opravy stroje	[ <i>Kč</i> ]
$N_{oprc}$	celkové finanční roční náklady na opravy stroje	[ <i>Kč</i> ]
$N_h$	celkové náklady (mzdové a režijní) na hodinu práce	[ <i>Kč</i> ]
$n$	počet otryskaných kusů	[ <i>ks</i> ]
$P$	kapacitní vytížení daného stroje	[ <i>%</i> ]



$P_{kj}$	váha $j$ -tého kritéria $k$ -tého experta	[ - ]
$p_r$	počet pracovníků	[ - ]
$S_s$	zvolená směnnost	[směna]
$s$	směnnost pracoviště	[směna]
$Tn$	doba návratnosti investice	[rok]
$t_{opr}$	čas oprav stroje	[min]
$t_1$	průběžná doba tryskání	[min]
$t_2$	průběžná doba tryskání navrhovanou technologií	[min]
$z$	počet % nevyhnutelných časových ztrát	[%]
$z_{ij}$	porovnání variant s nejhorší variantou	[ - ]

## Seznam použitých zkratk

ISO	mezinárodní norma
DIN	Německá norma
HEA	válcovaný profil typu I
EU	Evropská unie
ČSN	Česká technická norma
ČSN EN	převzatá Evropská norma
ND	náhradní díly

## Úvod

Kvalita a cena je v dnešním silně konkurenčním prostředí důležitým aspektem pro úspěch na trhu. Zavedením systému kvality dle ISO 9001 a systému environmentálního managementu ISO 14001 se společnost zavazuje k dodržování standardů kvality a snižování dopadu činností na životní prostředí. Na základě těchto standardů je nutné také zajistit určité parametry výrobních strojů, jejichž stav přímo ovlivňuje kvalitu a efektivitu výroby.

Jedna z operací, která silně ovlivňuje výstupní kvalitu výrobků je příprava povrchu před svařováním a finální povrchovou úpravou. Povrch špatně zbavený nečistot má za následek vyšší procento defektů svarů a nízkou životnost nátěru. To má v důsledku velký vliv na finanční a také ekologické aspekty výroby.

Tryskání materiálu je jedna z nejčastějších operací, která zajišťuje dostatečně kvalitní povrch v relativně krátkém čase i u členitých výrobků. Metoda spočívá ve vystřelování částic velkou rychlostí směrem k otryskávanému povrchu. Jako tryskací médium se nejčastěji používá ocelové nebo litinové kuličky popřípadě drť. Během procesu dochází k uvolňování nečistot z povrchu.

Tato diplomová práce je primárně zaměřena na analýzu a následný návrh modernizace pracoviště tryskání materiálu. Strojní vybavení pracoviště je technicky překonané a značně opotřebované, což se projevuje ve vysoké četnosti poruch a značných nákladech na opravy. Návrh modernizace je proveden s ohledem na základní technická a ekonomická kritéria.

# 1 Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy

Cílem mé práce je řešení strojního vybavení pracoviště pro tryskání polotovarů i hotových dílců ocelových konstrukcí. Tento návrh bude proveden z hlediska ekonomického i technického.

## 1.1 Technologie tryskání

Správná příprava povrchu materiálu před nanesením nátěru, je základem úspěchu kteréhokoli nátěrového systému. Vhodná příprava povrchu má také přímý dopad na funkčnost a životnost nátěrového systému. Čistota povrchu je důležitá i pro kvalitu svarů.

Nečistoty jsou na povrchu materiálu vázány buď mechanicky (mastnoty, zbytky různých past, mazadel, prach atd.) nebo chemicky (oxidy, rez, okuje). Mechanicky vázané nečistoty se většinou odstraňují mořením, chemicky vázané nečistoty mořením nebo mechanickými úpravami. Mezi mechanické úpravy náleží kartáčování, broušení, omílání, leštění a otryskávání. Nejúčinnější metodou je právě metoda otryskávání. [1]



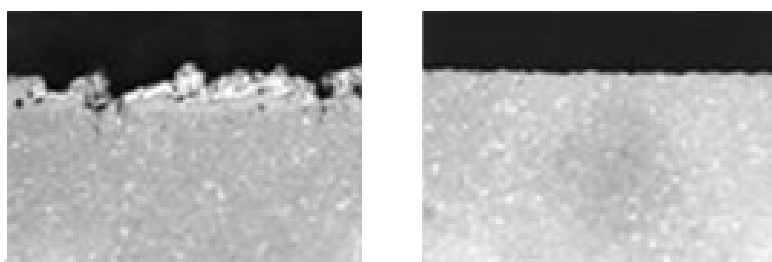
Obr. 1 Povrch materiálu po otryskání [2]

Účelem otryskávání je čištění povrchu materiálu, vytvoření vhodných podmínek pro kotvení nátěrového systému, zlepšení mechanických vlastností a zlepšení vzhledu materiálu. [1]



Obr. 2 Povrch materiálu před a po otryskání v průběžném stroji [3]

Princip tryskání spočívá ve vrhání tryskacího materiálu velkou rychlostí proti povrchu součásti. Na charakter mikrogeometrie povrchu má vliv tvar, tvrdost, zrnitost, hmotnost a druh materiálu použitého zrna tryskacího prostředku. Při působení částic na povrch taktéž dochází k plastické deformaci a tím ke zpevňování otryskávaného materiálu. Výkon otryskávání se reguluje druhem tryskacího prostředku, velikostí zrn, tvrdostí zrn, velikostí tlaku, úhlem a vzdáleností tryskání a velikostí trysky. [1]



Obr. 3 Geometrie povrchu materiálu před a po otryskání [4]

Tryskání se využívá hlavně jako předúprava povrchu před lakováním, žárovým nástřikem kovů, smaltováním nebo svařováním. [1]

## 1.2 Čistota povrchu po otryskání

Čistota tryskaného povrchu se měří parametrem Sa, který představuje stupeň očištění povrchu. Dle ČSN EN ISO 8501-1 se dělí čistota povrchu po otryskání na:

### **Sa 1** - lehké otryskání

Při prohlídce bez zvětšení se na povrchu nezjistí přítomnost olejů, mastnot a nečistot stejně jako nepřilnavé okuje, rez, nátěry a cizí látky. [5]

.

### **Sa 2** - důkladné otryskání

Při prohlídce bez zvětšení se na povrchu nezjistí přítomnost olejů, mastnot, nečistot a téměř žádné okuje, rez, nátěry a cizí látky. Všechny zbytky nečistot musí být pevně přilnavé. [5]

.

### **Sa 2 1/2** - velmi důkladné otryskání

Při prohlídce bez zvětšení se na povrchu nezjistí přítomnost olejů, mastnot, nečistot, okuje, rez, zbytky nátěrů a cizích látek. Všechny zbylé stopy nečistot musí být pouze stíny ve formě skvrn nebo pásů. [5]

### **Sa 3** - vizuálně čistý ocelový povrch

Při prohlídce bez zvětšení se na povrchu nezjistí přítomnost olejů, mastnot, nečistot, okuje, rez, zbytky nátěrů a cizích látek. Povrch musí vykazovat jednotný kovový vzhled. [5]

Vizuální vyhodnocení povrchu otryskaného materiálu probíhá pomocí fotografických vzorů, které se v dobře rozptýleném denním světle nebo při ekvivalentním umělém osvětlení porovnají prostým okem s otryskaným povrchem.[5]

Stupeň předúpravy ocelových konstrukcí se určuje dle stupně korozní agresivity, zvoleného nátěrového systému, předpokládané životnosti nátěru (nízká 2-5 let, střední 5-15 let, vysoká více než 15 let), umístění ocelové konstrukce, podle vytápění budovy, působení vlhkosti, emisí, chemikálií, podle tepelného zatížení budovy. Pro většinu běžně vyráběných ocelových konstrukcí je předepsána čistota otryskaného povrchu před aplikací nátěrového systému na Sa 2 2/1.

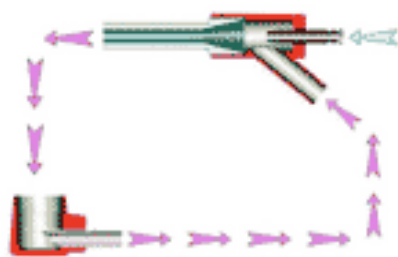
## 1.3 Způsoby tryskání

Při otryskávání jsou využívány dva základní způsoby urychlování tryskacího média. První způsob využívá k urychlení tlakového vzduchu, druhý mechanickou energii rotujícího metacího kola. [1]

### 1.3.1 Injektorový tryskací systém

Injektorový tryskací systém využívá energie tlakového vzduchu. Injektorová pistole je napojena na přívod vzduchu do vzduchové trysky, kde vzniká podtlak, který nasává tryskací médium. Tímto je v pracovní trysce je směs urychlována a proudí k otryskávanému materiálu. Po dopadu na otryskávaný předmět se abrazivum odrazí a dopadá na dno kabiny, odkud je opět přisáváno do pistole. Režim pracovního cyklu je kontinuální (trvalý). Tento systém je velmi variabilní díky snadné regulaci výkonu i možnosti použití širokého spektra abraziv. [1]

**Použití:** Injektorový systém je vhodný pro povrchové zušlechťování, otryskávání menších předmětů, sjednocení povrchu, očištění povrchu po černění, odstranění plastových vtoků, ornamentní a celoplošné pískování skel, zrcadel, tryskání dřeva, plastu. [1]



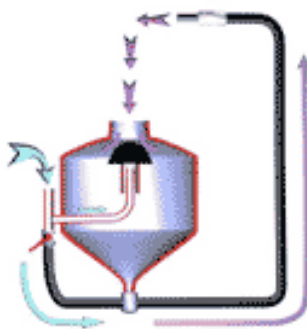
Obr. 4 Princip injektorového tryskání [6]

### 1.3.2 Tlakový tryskací systém

Tlakový tryskací systém také využívá energie tlakového vzduchu. Je přibližně 3x intenzivnější a užívá se hlavně v tryskacích boxech. U tohoto systému je v oběhu abraziva zařazena tlaková nádoba, do které se vsype dané množství tryskacího média. Poté se nádoba natlakuje a abrazivum je přetlačováno přepouštěcí tryskou ve směšovací hlavě do gumové hadice. Tady se mísí s tlakovým vzduchem a vystupuje ven pracovní tryskou. Kulovým ventilem se reguluje poměr mezi abrazivem z tlakové nádoby a unášecím vzduchem. Tryskací prostředek se po dopadu na upravovaný předmět odrazí a dopadá na

dno kabiny, kde se shromažďuje. Po vytryskání obsahu tlakové nádoby je třeba tryskání přerušit a doplnit abrazivo do tlakové nádoby. [1]

**Použití:** Tento systém je využíván v tryskacích boxech pro tryskání velkých, tvarově členitých konstrukcí, disků kol, odstranění starých laků z kovových součástí, odstranění rzi, odstranění vtoků a okují kovových součástí. [1]

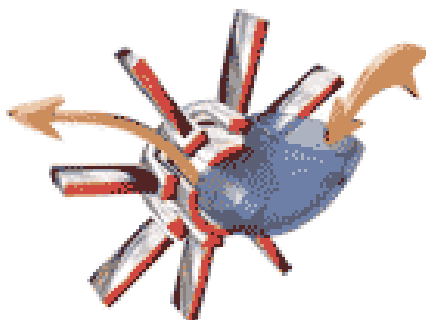


Obr. 5 Princip tlakového tryskání [6]

### 1.3.3 Metací tryskací systém

Při tomto způsobu tryskání je využívána mechanická energie rotujícího metacího kola. Na lopatky metacího kola je přiváděno tryskací médium, které je urychlováno odstředivou silou a vrháno na otryskávaný materiál. Lze říci, že zařízení s metacími koly jsou velmi výkonná, hospodárná a dají se plně mechanizovat, čímž je dosažena vysoká kvalita otryskaného povrchu. Nevýhodou tohoto způsobu tryskání je, že nelze řídit směr tryskacího paprsku. [1]

**Použití:** Tento systém je využíván v průběžných tryskacích strojích pro otryskávání polotovarů a tvarově málo členitých dílců před svařováním, případně před nanesením nátěru.



Obr. 6 Princip metacího systému tryskání [6]

## 1.4 Tryskací stroje

Tryskací stroje se rozdělují podle způsobu urychlení trykacího abraziva na stroje využívající energii tlakového vzduchu a stroje využívající energie rotujícího metacího kola. Do první kategorie spadají mobilní tryskací stroje, tryskací kabiny a tryskací boxy, druhá kategorie obsahuje metací stroje.

### 1.4.1 Tryskací stroje využívající injektorový trykací systém

Stroje, které využívají injektorový trykací systém jsou **mobilní tryskací stroje** a **tryskací kabiny**.

Mobilní tryskací stroje mohou být v provedení prašném a bezprašném, kde je abrazivo přisáváno zpět do trykací jednotky, čímž se rapidně snižují náklady. Používají se většinou ve volném prostoru k otryskávání plechů, ocelových konstrukcí, mostů, lávek, betonu, kamene a dřeva. [7]



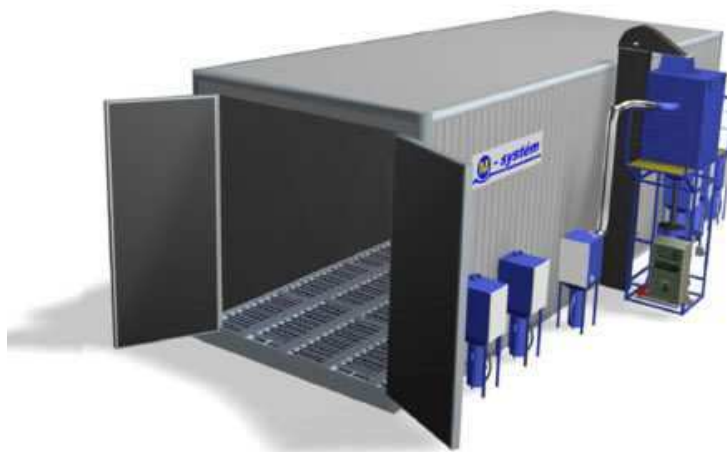
Obr. 7 Mobilní trykací stroj a trykací kabina [7], [8]

Trykací kabiny slouží k ručnímu otryskávání malých a středně velkých dílců. Dílce se vkládají do prostoru kabiny přes dveře. Trykací kabina je vybavena rukavicemi z odolného pogumovaného materiálu, do kterých pracovník vsune ruce a provádí otryskávání. Trykací proces se spouští a zastavuje pomocí nožního spínače. [9]



### 1.4.2 Tryskací stroje využívající tlakový tryskací systém

Tlakový tryskací systém je využíván především v **tryskacích boxech**. Ty jsou určeny pro tryskání velkých, tvarově členitých ocelových konstrukcí. Velkou výhodou tryskacích boxů je možnost libovolně měnit směr proudu tryskacího abraziva. Tryskací box obsluhuje pracovník, oblečený do speciálních ochranných pomůcek, který pomocí pistole s tryskou usměrňuje proud abraziva na daný dílec. Kapacita boxu je dána jeho rozměry, počtem tlakových tryskacích kotlů a kapacitou kompresoru zásobujícího systém tlakovým vzduchem. Vlastní box je stavebnicového typu z izolovaných ocelových plechových panelů. Mezi vybavení boxu patří: podlahový sběrný a dopravní systém vytryskaného abraziva, čistička abraziva, kompletní elektroinstalace včetně osvětlení, vzduchový systém a filtrační systém, jenž zabezpečuje dobrou viditelnost v boxu pro pracovníka, čistotu abraziva a odstraňuje prachové nečistoty z odsávaného vzduchu. [9]



Obr. 8 Tryskací box [10]



Obr. 9 Ochranná přilba [10]

### 1.4.3 Tryskací stroje využívající tlakový tryskací systém

Tyto zařízení tryskají abrazivo pomocí rotujících metacích kol. Provedení trysek strojů se liší počtem metacích kol, jejich náklonem, upořádáním a způsobem dopravy otryskávaných dílců. Tryskací proces je velmi výkonný, plně automatický a kontinuální. Limitujícím faktorem je rozměr vstupního otvoru do tryskací komory. Používá se pro otryskávání plechových polotovarů, válcovaných profilů a málo členitých svařenců. [11], [1]

#### Rozdělení metacích strojů:

- S válečkovou tratí
- Bubnové
- Závěsné průchozí
- Závěsné komorové
- Průchozí s drátěným pásem
- S otočným stolem
- Speciální, [11]



Obr. 10 Průběžný tryskací stroj s válečkovou tratí [12]

## 2 Analýza současného stavu

### 2.1 Popis společnosti

Společnost FERRMON, spol. s r.o. byla založena v roce 1991. Zabývá se výrobou a montáží ocelových konstrukcí. Výrobním programem se řadí mezi výrobce středně těžkých ocelových konstrukcí. Ve čtyřech výrobních halách vyrábí průměrně 350 t ocelové konstrukce měsíčně. Výrobu společnosti lze řadit mezi kusovou až malosériovou.[13]



ČSN EN ISO 9001:2001 a ČSN EN ISO 3834-2



Příloha cert. systému managementu jakosti



ČSN EN ISO 14001:2005



ČSN 732601 Z2:1996



ČSN 732601 Z2:1996 s rozšířením



DIN 18800-7 Klasse E

Obr. 11 Certifikáty společnosti [13]

Výroba ocelových konstrukcí je prováděna ve čtyřech halách, z toho dvě haly se zabývají přípravou výroby, jedna je určena k dělení profilového materiálu a jedna samotnou výrobou a svařováním. Povrchová ochrana je prováděna v hale lakovny. V hale přípravy I se na pracovních roštích provádí rýsování válcovaných profilů. K dělení a rýsování plechů dochází v hale přípravy II. Válcované profily se dělí na samostatném pracovišti. V hale pro výrobu dochází k finálnímu sestavení výrobku zámečnický a následnému svaření. Svařování je prováděno ručně, na svařovacích automatech a poloautomatech v ochranné atmosféře směsných plynů a pod tavidlem. Pro dopravu výrobků a materiálu mezi jednotlivými halami a venkovními sklady je k dispozici portálový jeřáb o nosnosti 10 t a elektrické kolejové vozíky pohybující se po kolejových trasách, které jednotlivé haly spojují. Přehled strojního vybavení jsem uvedl v tabulce 1. Dopravně situační plán firmy je uveden v příloze č. 1.

Tab. 1 Strojní vybavení jednotlivých hal

<b>Hala přípravy výroby I</b>
Průběžný tryskací stroj OTECO MAXIMA 1000
Vrtačka RABOMA
Vrtačka VR6
Soustruh SN G 3C
Soustruh SU 50
Frézka FA4V
Frézka 3FKR
Bruska BAD 20
Pila RK 80
<b>Hala přípravy výroby II</b>
Děrovací linka CNC FICEP P803A
Ohraňovací lis HACO PPM 40300
Tabulové nůžky HACO TS 3012 SAB
Pálící stroj PIERCE RUR 3500G
Zakružovací stroj XZMP 3150/16
Zakružovací stroj XZC 3000/25
Radiální vrtačka VR5
Plazmový pálicí stroj PIERCE RUM 4000 P
Stojanová vrtačka PK 203
Hydraulický lis P 6324 P
<b>Hala pro dělení profilů</b>
Pásová pila PP 301 S
Pásová pila BOMAR TRANSVERSE 615.340 DGS
<b>Hala výroby</b>
Poloautomat pro svař. pod tavidlem ESAB
Svářecí zdroje FRONIUS
Vodorovný lis PYXWM 250
Frikční pila RK 80
Bruska B4D

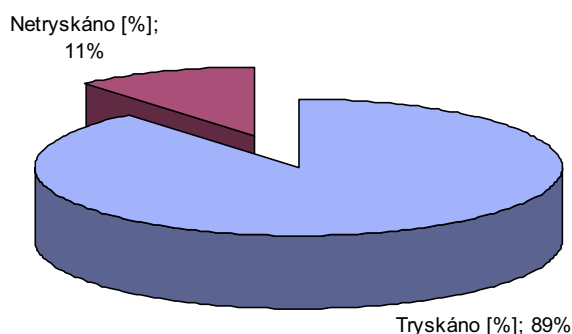
## 2.2 Analýza výrobního programu

Výrobní program společnosti FERRMON, spol. s r.o. je velmi obsáhlý. Jedná se především o středně těžké ocelové konstrukce, kde lze zařadit konstrukce budov, výrobních hal, logistických center, nákupních středisek, ale i ocelové konstrukce silničních a železničních mostů, tak i konstrukce technologické, které obsahují různé výrobně náročnější podsestavy strojů, cementová síla, řadové zásobníky kameniva, mobilní nebo stacionární betonárny. Analýzu výrobního programu jsem provedl z hlediska otryskané hmotnosti. Pro analýzu výrobního programu jsem použil data z roku 2010. Tryskají se polotovary před sestavením a svařováním dílců i hotové dílce před nanesením nátěru, popřípadě jiné povrchové ochrany. Rozdělení jsem provedl v tabulce 2.

Tab. 2 Podíl tryskaných a netryskaných konstrukcí 2010

Typ konstrukce	Vyrobené množství [t/r]	Tryskáno [%]	Netryskáno [%]	Tryskáno [t]	Netryskáno [t]
Ocel. konstrukce	2 900	90%	10%	2 610	290
Cementová síla	260	100%	0%	260	0
Řad. zásobníky	160	100%	0%	160	0
Betonárny	150	100%	0%	150	0
Ostatní	500	70%	30%	350	150
$\Sigma$	3 970	-	-	3 530	440
$\bar{X}$	—	89%	11%	—	—

Podíl tryskaných a netryskaných konstrukcí



Graf 1 Podíl tryskaných a netryskaných konstrukcí 2010

## 2.3 Současný stav na pracovišti tryskání

V současné době je pracoviště tryskání osazeno tryskacím průběžným strojem roku výroby 2003. Technické údaje jsou uvedeny v příloze č.1.



Obr. 12 Současný průběžný tryskací stroj

Provedení tohoto zařízení je průběžné tunelové se čtyřmi metacemi koly uspořádanými kolmo na směr posuvu materiálu. Zařízení je určeno pro kontinuální, automatické tryskání plechů, profilů a svařenců. Před i za zařízením jsou automaticky ovládané válečkové dopravníky o délkách 12 m. Tryskaný materiál se pokládá na válečkový dopravník souběžně se směrem tryskání. Při průjezdu dílce přes vstupní otvor tryskací kabiny se automaticky pomocí vstupního čidla spustí tryskací proces. Po otryskání materiálu je tryskací proces také automaticky vypnut. Výstupní dopravník se zastaví po nájezdu materiálu na koncový spínač.

Vytryskané znečištěné abrazivo spadá přes sběrný trychtýř kabiny a dílců dopravní dráhy do příčného šnekového dopravníku, kterým je dopravováno ke korečkovému elevátoru, jenž transportuje znečištěné abrazivo k čisticímu systému. V něm dochází k oddělení použitelného abraziva od hrubých a jemných nečistot. Čistící jednotku lze přizpůsobit pro různé druhy a zrnitost abraziva. Tryskací zařízení je napojeno filtrační jednotku odsávaného vzduchu.

Vzhledem ke skutečnosti, že zařízení v dvousměnném provozu pracuje již 8 let, nese známky značného opotřebení, zvláště v oblasti tryskací kabiny. Také časté poruchy, vzhledem ke krátkým výrobním termínům jsou nežádoucí.

## 2.4 Kapacitní požadavky


Cílem tohoto výpočtu, je zjistit vytiženost tryskacích zařízení a možnost využití pouze tryskacího boxu, v případě třisměnného provozu tohoto zařízení. Proto nejprve vypočtu kapacitu tryskacího boxu pro dvě směny, poté kapacitu pro tři směny a kapacitu průběžného tryskacího stroje při dvousměnném provozu. Tyto hodnoty posléze porovnám a vyhodnotím.

### 2.4.1 Srovnání průběžných dob tryskání

Průběžné doby tryskání jsem naměřil pro původní průběžný tryskací stroj a tryskací box. Jako výrobkového představitele jsem zvolil profil HEA 240 válcovaný za tepla o délce 6 m. Specifikace profilu HEA 240 je uvedena v tabulce 3.

Tab. 3 Specifikace výrobkového představitele

Výrobkový představitel		
Označení	HEA 240	
Norma	DIN 1025-3	
Šířka příruby [mm]	b	240
Výška průřezu [mm]	h	230
Tloušťka příruby [mm]	t	12
Tloušťka stojiny [mm]	s	7,5
Plocha průřezu [cm <sup>2</sup> ]	F	76,8
Plocha povrchu [m <sup>2</sup> /m]	U	1,37
Poloměr vnitřního zaoblení [mm]	r <sub>1</sub>	21
Hmotnost [kg/m]	G	60,3
Délka [mm]	L	6 000
Celková hmotnost [kg]	361,8	



Naměřené časy pro původní tryskací stroj jsem uvedl v tabulce 4, pro tryskací box v tabulce 5.



Tab. 4 Průběžná doba tryskání na průběžném tryskacím stroji

Pořadí operace	Činnost	Naměřený čas [s]
1	Naložení materiálu na vstupní dopravník	300
2	Spuštění zařízení	70
3	Tryskání	810
4	Vypnutí zařízení	60
5	Odstranění abraziva z povrchu	240
6	Vyložení materiálu z výstupního dopravníku	260
$\Sigma$ [s]		1 740
$\Sigma$ [min]		29

Tab. 5 Průběžná doba tryskání v tryskacím boxu

Pořadí operace	Úkon	Naměřený čas [s]
1	Naložení materiálu na vozík	350
2	Posun materiálu do boxu	40
3	Spuštění kompresoru	70
4	Spuštění dráhy dopravníku drtě	80
5	Tryskání	340
6	Ofuk dráhy vozíku	90
7	Posun materiálu z boxu	40
8	Otočení materiálu	240
9	Posun materiálu do boxu	40
10	Tryskání	340
11	Ofuk dráhy vozíku	90
12	Posun materiálu z boxu	40
13	Vypnutí dráhy dopravníku drtě	50
14	Vypnutí kompresoru	70
15	Posun materiálu z boxu	40
16	Vyložení materiálu z vozíku	360
$\Sigma$ [s]		2 280
$\Sigma$ [min]		38



### 2.4.2 Kapacita tryskacího boxu pro dvousměnný provoz

Při výpočtu vycházím z naměřené průběžné doby tryskání v tabulce 5 a nezohledňuji dny dovolené, pracovní neschopnosti a obecné překážky v práci, jelikož na všech strojích je proškolen a zaučeno více operátorů. Hodnoty kapacit boxu snižuji o cca 60 t za měsíc, což je hodnota využití boxu pro zakázky, které neprodukuje středisko výroby.

Efektivní časový fond dělníka  $E_{de}$  [14]

$$E_{de} = D_r - A - B - C - G \quad (1)$$

Kde:

$D_r$  je počet dnů v roce  $D_r = 365 \text{ dnů}$

$A$  je počet dnů sobot a nedělí  $A = 104 \text{ dnů}$

$B$  je počet dnů placených svátků  $B = 8 \text{ dnů}$

$C$  je počet dnů dovolené  $C = 0 \text{ dnů}$

$G$  je počet dnů pracovní neschopnosti a obecných překážek v práci  $G = 0 \text{ dnů}$

$$E_{de} = D_r - A - B - C - G$$

$$E_{de} = D_r - A - B - C - G = 365 - 104 - 8 - 0 - 0 = 253 \text{ dnů / rok}$$

Využitelná kapacita pracoviště na jednu směnu  $E_{se}$  [14]

$$E_{se} = E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 - \frac{z}{100}\right) \quad (2)$$

Kde:

$h$  je počet pracovních hodin za směnu  $h = 7,5 \text{ hodin}$

$s$  je směnnost pracoviště  $s = 1$

$g$  je počet vzájemně zaměnitelných pracovišť  $g = 1$

$z$  je počet % nevyhnutelných časových ztrát, volím  $z = 10 \%$  [14]

$$E_{se} = E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 - \frac{z}{100}\right)$$

$$E_{se} = E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 - \frac{z}{100}\right) = 253 \cdot 7,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 1707,8 \text{ hod / rok}$$

Počet kusů otryskaných za rok  $n$

$$n = \frac{m_p}{m_v} \quad (3)$$

Kde:

$m_p$  je hmotnost ročně tryskaných konstrukcí je  $m_p = 3\,530\,t$  viz tabulka 2

$m_v$  je hmotnost výrobkového představitele  $m_v = 361,8\,kg = 0,3618\,t$  viz tabulka 3

$$n = \frac{m_p}{m_v}$$
$$n = \frac{m_p}{m_v} = \frac{3\,530}{0,3618} = 9756,8\,ks$$

Kapacitní vytižení stroje  $P$  pro dvousměnný provoz [14]

$$P = \frac{n \cdot t_1}{60 \cdot S_s \cdot E_{se}} \quad (4)$$

Kde:

$t_1$  je skutečná průběžná doba tryskání  $t_1 = 38\,min$  viz tabulka 5

$S_s$  je směnnost pracoviště  $S_s = 2$

$$P = \frac{n \cdot t_1}{60 \cdot S_s \cdot E_{se}}$$
$$P = \frac{n \cdot t_1}{60 \cdot S_s \cdot E_{se}} = \frac{9756,8 \cdot 38}{60 \cdot 2 \cdot 1\,707,8} = 1,809 = 180,9\,\%$$

Měsíční kapacita tryskacího boxu  $K_{B2}$  pro dvousměnný provoz [14]

$$K_{B2} = \frac{60 \cdot S_s \cdot E_{se} \cdot m_v}{t_1 \cdot 12} - 60$$
$$K_{B2} = \frac{60 \cdot S_s \cdot E_{se} \cdot m_v}{t_1 \cdot 12} - 60 = \frac{60 \cdot 2 \cdot 1\,707,8 \cdot 0,3618}{38 \cdot 12} - 60 = 102,6\,t/m$$

### 2.4.3 Kapacita tryskacího boxu pro tři směny

Kapacitní vyřízení stroje  $P$  pro třísměnný provoz [14]

$S_s$  je směnnost pracoviště  $S_s = 3$

$$P = \frac{n \cdot t_1}{60 \cdot S_s \cdot E_{se}}$$

$$P = \frac{n \cdot t_1}{60 \cdot S_s \cdot E_{se}} = \frac{9756,8 \cdot 38}{60 \cdot 3 \cdot 1707,8} = 1,206 = 120,6 \%$$

Měsíční kapacita tryskacího boxu  $K_{B3}$  pro třísměnný provoz [14]

$$K_{B3} = \frac{60 \cdot S_s \cdot E_{se} \cdot m_v}{t_1 \cdot 12} - 60$$

$$K_{B3} = \frac{60 \cdot S_s \cdot E_{se} \cdot m_v}{t_1 \cdot 12} - 60 = \frac{60 \cdot 3 \cdot 1707,8 \cdot 0,3618}{38 \cdot 12} - 60 = 183,9t / m$$

### 2.4.4 Kapacita tryskacího boxu pro nepřetržitý provoz

Využitelná kapacita pracoviště na jednu směnu  $E_{se}$  pro nepřetržitý provoz [14]

$$E_{se} = E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 - \frac{z}{100}\right) \quad (5)$$

Kde:

$E_{de}$  je efektivní časový fond dělníka v případě nepřetržitého provozu  $E_{de} = 365dnů$

$h$  je počet pracovních hodin za směnu  $h = 7,5 hodín$

$s$  je směnnost pracoviště  $s = 1$

$g$  je počet vzájemně zaměnitelných pracovišť  $g = 1$

$z$  je počet % nevyhnutelných časových ztrát, volím  $z = 10 \%$  [14]

$$E_{se} = E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 - \frac{z}{100}\right)$$

$$E_{se} = E_{de} \cdot h \cdot s \cdot g \cdot \left(1 - \frac{z}{100}\right) = 365 \cdot 7,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 2463,8hod / rok$$

Kapacitní vytížení stroje  $P$  pro nepřetržitý provoz [14]

$S_s$  je směnnost pracoviště  $S_s = 3$

$$P = \frac{n \cdot t_1}{60 \cdot S_s \cdot E_{se}}$$

$$P = \frac{n \cdot t_1}{60 \cdot S_s \cdot E_{se}} = \frac{9756,8 \cdot 38}{60 \cdot 3 \cdot 2463,8} = 0,836 = 83,6 \%$$

Měsíční kapacita tryskacího boxu  $K_{BN}$  pro nepřetržitý provoz [14]

$$K_{BN} = \frac{60 \cdot S_s \cdot E_{se} \cdot m_v}{t_1 \cdot 12} - 60$$

$$K_{BN} = \frac{60 \cdot S_s \cdot E_{se} \cdot m_v}{t_1 \cdot 12} - 60 = \frac{60 \cdot 3 \cdot 2463,8 \cdot 0,3618}{38 \cdot 12} - 60 = 291,8 t / m$$

#### 2.4.5 Kapacita průběžného tryskacího stroje pro dvousměnný provoz

Měsíční kapacita průběžného tryskacího stroje  $K_{P2}$  pro dvousměnný provoz [14]

$$K_{P2} = \frac{60 \cdot S_s \cdot E_{se} \cdot m_v}{t_1 \cdot 12}$$

$$K_{P2} = \frac{60 \cdot S_s \cdot E_{se} \cdot m_v}{t_1 \cdot 12} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 1707,8 \cdot 0,3618}{29 \cdot 12} = 213,1 t / m$$

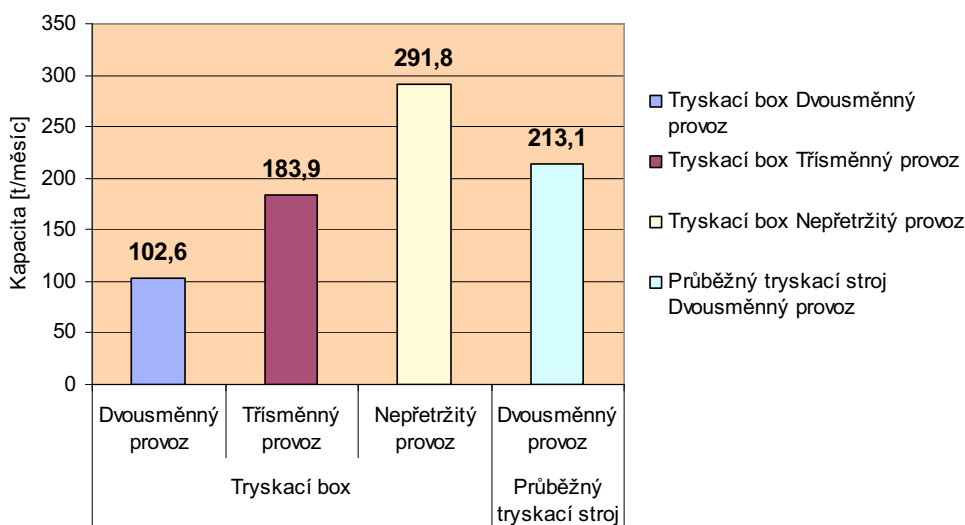
## 2.4.6 Vyhodnocení kapacit

Z předchozích kapacitních výpočtů je zřejmé, že celou vyráběnou produkci ocelových konstrukcí nelze otryskat pouze tryskacím boxem. Tryskací box kapacitně nevyhovuje i za předpokladu zavedení třisměnného provozu, protože potřebná průměrná měsíční hmotnost otryskávaných ocelových konstrukcí je 294,2t. Tryskací box by vyhověl pouze v případě zavedení nepřetržitého provozu, ale tento provoz by značně prodražil náklady na tryskání. Důvodem tohoto zdražení by byly náklady na příplatky mezd obsluh boxu, zvýšené náklady na osvětlení, provoz kompresoru (tlakovým vzduchem by zásoboval pouze box) a náklady na skladování a dopravu. V případě výpadku průběžného tryskacího stroje mohou být ohroženy krátké smluvní termíny dodávek ocelových konstrukcí. Tento výpadek je nutno pokrýt kooperací, která má za následek finanční ztráty, prodloužení materiálových toků, přetížení pracovníků expedice a nutnost dopravy do kooperující firmy. Proto se mi jeví jako problémové místo právě průběžný tryskací stroj. Výsledky kapacitních výpočtu jsem uvedl v tabulce 6 a graficky vyjádřil v grafu 2.

Tab. 6 Kapacity strojů

Stroj	Typ provozu	Kapacita [t/m]
Tryskací box	Dvousměnný provoz	102,6
	Třisměnný provoz	183,9
	Nepřetržitý provoz	291,8
Průběžný tryskací stroj	Dvousměnný provoz	213,1

### Kapacity



Graf 2 Kapacity pracovišť

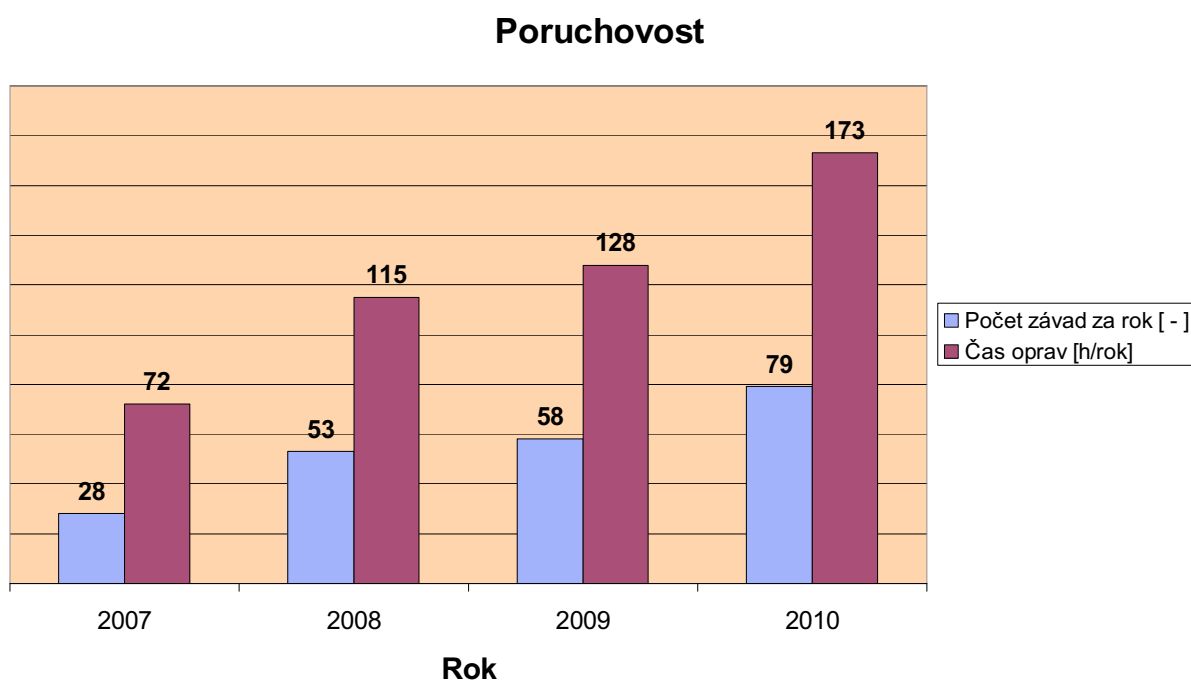
## 2.5 Poruchovost a náklady na opravy

### 2.5.1 Poruchovost

Poruchovost stroje je základní ukazatel spolehlivosti stroje. Pro stanovení celkových nákladů na opravy je potřeba vyčíslit jednak počet oprav, tak i dobu trvání těchto oprav. Počet oprav a dobu trvání těchto oprav jsem zjistil z provozní záznamové knihy stroje, kde jsou tyto údaje každodenně zaznamenávány obsluhou stroje. Do doby oprav jsem nepočítal čas oprav pravidelné údržby. Hodnoty poruchovosti jsem shrnul v tabulce 7 a grafu 3.

Tab. 7 Vyjádření poruchovosti

Rok	Počet závad za rok	Čas oprav [h/rok]
2007	28	72
2008	53	115
2009	58	128
2010	79	173
$\Sigma$	218	488

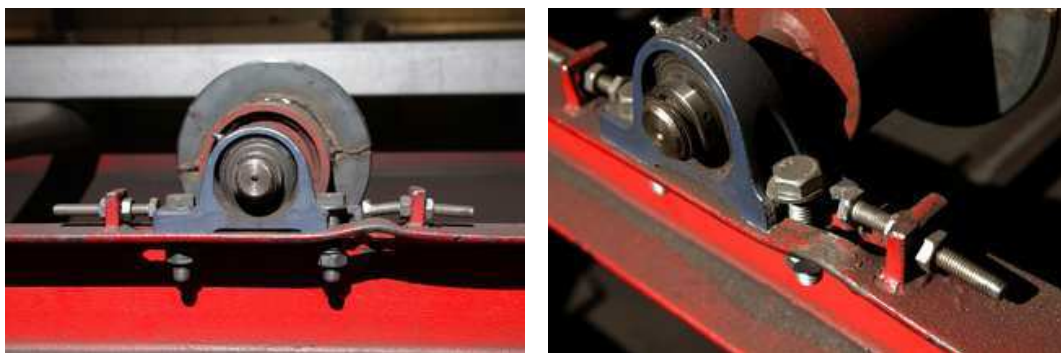


Graf 3 Poruchovost průběžného tryskacího stroje

Z tabulky 7 a grafu 3 je zřejmé, že nárůst počtu poruch má vzestupnou tendenci. Převážná část poruch je menšího rázu, kdy k odstavení stroje dojde v rozsahu 1 – 3 hodin. Mezi nečastější poruchy patří: zadřená ložiska, prasklé držáky válečkové dráhy (obrázek 14), prasklé nebo prodřené hadice, poruchy lopatek tryskacích kol, poruchy čidel a jiné elektroinstalace. Vzhledem k tomu, že v provozní záznamové knize stroje je zapisován pouze datum a doba opravy, doporučuji zavést systematické sledování poruch s popisem závad.



Obr. 13 Opravované pouzdro metacího kola



Obr. 14 Zničený držák válečkové dráhy

Opětovně je také nutné provádět opravy pouzder metacích kol a tryskací kabiny. Důvodem jsou deformace vzniklé opotřebením v prostoru tryskací kabiny a pouzder metacích kol. Tyto deformace způsobují nedoléhání otěruvzdorného vyložení, tím dochází k podfukování proudu vzduchu s abrazivem pod toto vyložení a k vymílání vnitřního povrchu pouzdra a kabiny.

### 2.5.2 Náklady na opravy

Pro výpočet celkových nákladů na opravy je nutno znát dobu oprav, ceny náhradních dílů a mzdové náklady pracovníků provádějících opravy. Doba oprav za roky 2007 – 2010 jsem vyjádřil v tabulce 3. Cenu náhradních dílů jsem zjistil z objednávek a dodavatelských faktur na konkrétní případy oprav. Náklady na náhradní díly pro jednotlivé roky jsem uvedl v tabulce 8.

Tab. 8 Náklady na náhradní díly  $N_{ND}$

Rok	Náklady na ND [Kč]
2007	49231
2008	145532
2009	96627
2010	158315
$\Sigma$	449705

Finanční roční náklady na opravy stroje  $N_{opr}$

$$N_{opr} = N_{ND} + t_{opr} \cdot p_r \cdot N_{mz} \quad (5)$$

Kde:

$N_{ND}$  jsou roční náklady na náhradní díly viz tabulka 4

$t_{opr}$  je čas oprav stroje viz tabulka 3

$p_r$  je počet pracovníků  $p_r = 2$

$N_{mz}$  jsou mzdové náklady na hodinu oprav  $N_{mz} = 270 \text{ Kč}$

Příklad výpočtu pro rok 2007:

$$N_{opr} = N_{ND} + t_{opr} \cdot p_r$$

$$N_{opr} = N_{ND} + t_{opr} \cdot p_r = 49231 + 72 \cdot 2 \cdot 270 = 88111 \text{ Kč}$$

Výpočty pro další roky jsem uvedl v tabulce 9.



Tab. 9 Celkové finanční náklady na opravy  $N_{oprc}$ 

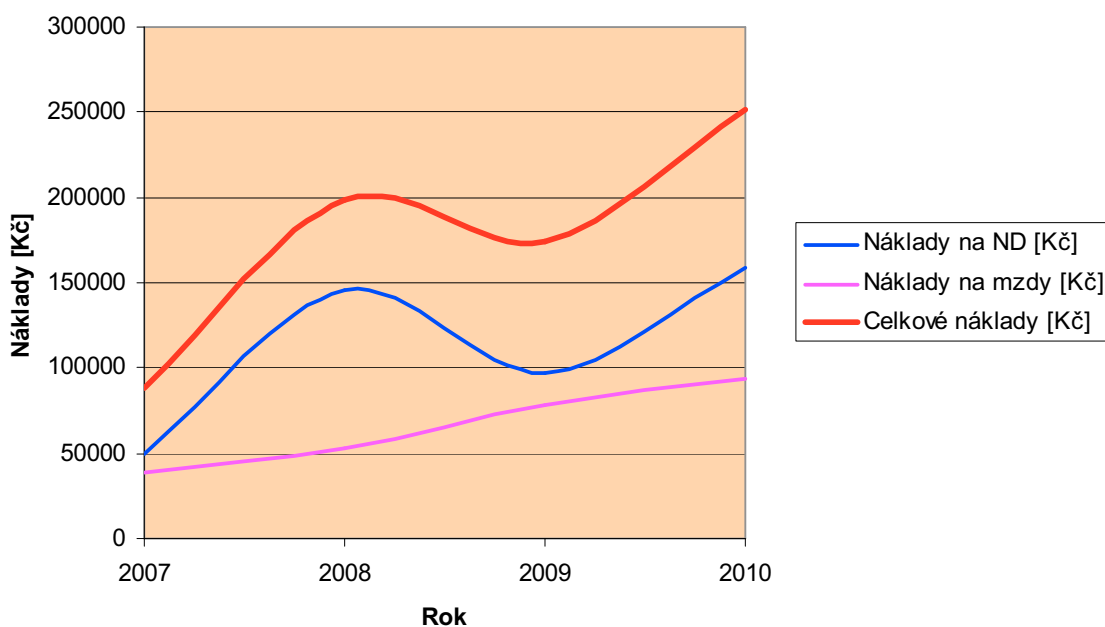
Rok	Celkové náklady [Kč]
2007	88111
2008	198992
2009	174387
2010	251735
$\Sigma$	713225

Pro celkovou přehlednost jednotlivých i celkových složek nákladů jsem vše shrnul v tabulce 10 a graficky vyjádřil v grafu 4.

Tab. 10 Celkový přehled nákladů

Rok	Počet závad za rok	Čas oprav [h/rok]	Náklady na ND [Kč]	Náklady na mzdy [Kč]	Celkové náklady [Kč]
2007	28	72	49231	38880	88111
2008	53	115	145532	53460	198992
2009	58	128	96627	77760	174387
2010	79	173	158315	93420	251735
$\Sigma$	218	488	449705	263520	713225

Přehled nákladů



Graf 4 Souhrn nákladů

Z grafu 4 je zřejmý vzestupný průběh růstu celkových nákladů na opravy průběžného tryskacího stroje.

### 3 Vyhodnocení analýzy

Vzhledem k předchozí analýze je zjevné, že strojní vybavení pracoviště tryskání materiálu je značně opotřebované. V případě jeho poruchy nestačí tryskací box otryskat celou produkci. Tímto také dochází k prodlužování materiálového toku, protože nadělený materiál musí být dopravován do haly lakovny a po otryskání zpět na pracoviště zámečníku k sestavení dílce. Je také potřeba využívat kooperaci k pokrytí tohoto rozdílu. Časté poruchy mají také za následek ohrožení výrobních termínů zakázek.

Tryskací box také není vhodný, vzhledem k velkým časům manipulace, k tryskání jednotlivých položek svařovaných dílců. Jeho výhoda spočívá v jakémkoli natočení proudu tryskacího abraziva, tudíž je vhodný k tryskání již sestavených a svařených dílců před finální povrchovou úpravou

Vysoké finanční náklady na opravy a údržbu průběžného tryskacího stroje se nepříznivě odrážejí do hospodářského výsledku střediska, a tím také nepřímo do cen jednotlivých zakázek.

Zjištěné nevýhody:

- Častá poruchovost.
- Značná opotřebovanost.
- Rostoucí nároky na údržbu.
- Vysoké náklady na opravy a údržbu.
- Vysoké emisní hodnoty vypouštěných prachových částic.
- Energetická náročnost pracoviště.
- Hlučnost stroje.

Vzhledem k těmto zjištěným nedostatkům bych společností FERRMON, spol. s r.o. doporučil inovaci strojního vybavení pracoviště tryskání materiálů spočívající buď v nákupu nového stroje a následném odprodeji původního, nebo generální opravu stávajícího zařízení.

## 4 Vlastní návrhy řešení

### 4.1 Varianta 1 - generální oprava

Předpokládaná generální oprava stroje by měla obsahovat nejen celkovou repasi stroje, ale i jeho dovybavení účinnější filtrační jednotkou, ke snížení vypouštěných nečistot do ovzduší, a dodatečným tlumičem hluku. Předpokládané náklady na generální opravu průběžného tryskacího stroje jsem vyčíslil v tabulce 11.

Tab. 11 Náklady na generální opravu

Popis	Cena [Kč]
Oprava skeletu tryskací komory	40 000
Výměna manganového vyložení kabiny	110 000
Výměna metacích kol včetně motorů	400 000
Výměna válečků uvnitř stroje	70 000
Výměna šnekového dopravníku	140 000
Výměna korečkového dopravníku	110 000
Výměna čističky	80 000
Výměna dávkovačů abraziva	48 000
Výměna filtračních patron a ofukových ventilů	30 000
Řídící jednotka pro ofuk	5 000
Oprava válečkového dopravníku	105 000
Oprava hrablového dopravníku	60 000
Dodatečný tlumič hluku	17 500
Filtrační jednotka	190 000
Práce	300 000
$\Sigma$	1 705 500

Mezi nevýhody generální opravy průběžného tryskacího stroje hovoří i delší časová odstávka, zapříčiněná časovou náročností této generální opravy, než v případě nákupu nového stroje. Cena generální opravy obsahuje demontáž, renovaci skříně, výměnu vadných dílů, těsnění, ložisek, úpravu stroje pro doplnění čističky a tlumiče hluku, zpětná montáž a odzkoušení. Čas potřebný k provedení generální opravy bude 21 dní.

## **4.2 Varianta 2 nákup nového průběžného tryskacího stroje**

### **4.2.1 Specifikace požadavků nového stroje**

Na základě předchozí analýzy výrobního programu a vybavení pracoviště na tryskání materiálu jsem stanovil požadavky na nákup nového zařízení.

- Minimální šířka tryskaného profilu 1000 mm.
- Minimální výška tryskaného profilu 400 mm.
- Co nejmenší tloušťka tryskaného materiálu.
- Co nejmenší příkon stroje.
- Poháněný dopravník 11 *m* před a 12 *m* za strojem.
- Co nejlepší čistota výstupního vzduchu.
- Co nejmenší hlučnost stroje.
- Tryskací kabina svařena a vyložena z manganové oceli.
- Co nejmenší cena náhradních dílů.
- Ofukovací a ometací zařízení.
- Co nejmenší cena servisní normohodiny.

Prvotní analýzou trhu byly vytipovány firmy, které se výrobou a dodávkami tryskacích strojů zabývají. Tyto firmy poté byly osloveny s žádostí o vypracování cenové nabídky. Primárním rozbořem těchto nabídek byly některé vyloučeny z důvodu nevyhovujících technických parametrů. V užším výběru zůstaly tři nabídky, které byly pojmenovány stroj 1, 2 a 3. Hlavní technické parametry jednotlivých strojů uvádím v tabulce 12. Tyto zbývající nabídky jsem vyhodnotil pomocí vícekritériálního rozhodování metodou PATTERN.

### 4.2.2 Volba kritérií pro vícekritériální rozhodování

Pro vyhodnocení variant jsem zvolil kritéria, která jsem uvedl v tabulce 12. Kritéria je potřeba rozdělit na typy. Typ výnosy (čím větší hodnota tím lépe, například výkon, rozsah regulace, životnost) a typ náklady (čím menší hodnota tím lépe, cena, provozní náklady, hmotnost). [16]

Tab. 12 Kritéria výběru

Číslo Kritéria	Kritérium	Stroj 1	Stroj 2	Stroj 3	Jedn.	Typ kritéria
1	Cena	3 707 490	2 907 468	6 572 500	Kč	náklad
2	Max. výška tryskaného mat.	500	450	400	mm	výnos
3	Max. šířka tryskaného mat.	1 000	1 000	1 250	mm	výnos
4	Náklon metacích kol	90	85	90	°	náklad
5	Min. tloušťka tryskaného mat.	6	5	5	mm	náklad
6	Cena sady běžných náhr. dílů	81 851	63 208	84 370	Kč	náklad
7	Cena servisní hodiny	600	400	550	Kč	náklad
8	Příkon	54	54,3	55	kW	náklad
9	Čistota vypouštěného vzduchu	1	0,5	1	mg*m <sup>-3</sup>	náklad
10	Hlučnost	85	75	85	dB	náklad

### 4.2.3 Stanovení koeficientů významnosti metodou známkování

Určení koeficientů významnosti jednotlivých kritérií jsem provedl pomocí metody známkování. Tato metoda spočívá v oznámkování důležitosti kritéria expertem v daném zvoleném intervalu 0 – 10 dle jeho uvážení. Dílčí koeficienty významnosti daného experta se poté vypočtou jako podíl dané známky kritéria a součtu známek všech expertů. Celkový koeficient je pak součtem dílčích koeficientů všech expertů. Expert může přiřadit stejné číslo více kritériím. Toto číslo nemusí být celé. Jako experty jsem zvolil: vedoucího výroby, vedoucího mistra výroby, vedoucího mistra přípravy a obsluhu stroje. Jedno známkování jsem provedl osobně. Výsledky známkování expertů se součty jednotlivých známek jsem shrnul v tabulce 13. [16]

Tab. 13 Znamky expertů

Číslo Kritéria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma B_{ki}$
Expert 1 - Ved. Výroby	10	9	4	9	7	8	4	3	5	5	64
Expert 2 - Ved. mistr výroby	6	9	5	8	5	3	2	2	4	3	47
Expert 3 - Ved. mistr přípravy	5	8	6	7	8	4	4	3	4	4	53
Expert 4 - Obsluha stroje	3	7	6	7	6	2	2	1	5	6	45
Expert 5 - Diplomant	9	9	7	8	4	8	5	4	8	5	67

Váhu  $j$ -tého kritéria  $k$ -tého experta  $P_{kj}$  [16]

$$P_{kj} = \frac{B_{kj}}{\sum_1^m B_{kj}} \quad (6)$$

Kde:

$m$  je počet kritérií

$B_{kj}$  je známka přiřazená  $k$ -tým expertem  $j$ -tému kritériu

Příklad výpočtu váhy 1 kritéria 1 experta  $P_{11}$

$$P_{11} = \frac{B_{11}}{\sum_1^m B_{1j}}$$

$$P_{11} = \frac{B_{11}}{\sum_1^m B_{1j}} = \frac{10}{\sum_1^{10} B_{1j}} = \frac{10}{64} = 0,156$$

Ostatní vypočtené váhy jednotlivých kritérií expertů  $P_{kj}$  jsem vyjádřil v tabulce 14.

Tab. 14 Vypočtené dílčí váhy kritérií

Číslo Kritéria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Expert 1 - Ved. Výroby	0,156	0,141	0,063	0,141	0,109	0,125	0,063	0,047	0,078	0,078
Expert 2 - Ved. mistr výroby	0,128	0,191	0,106	0,170	0,106	0,064	0,043	0,043	0,085	0,064
Expert 3 - Ved. mistr přípravy	0,094	0,151	0,113	0,132	0,151	0,075	0,075	0,057	0,075	0,075
Expert 4 - Obsluha stroje	0,067	0,156	0,133	0,156	0,133	0,044	0,044	0,022	0,111	0,133
Expert 5 - Diplomant	0,134	0,134	0,104	0,119	0,060	0,119	0,075	0,060	0,119	0,075

Koeficienty významnosti jednotlivých kritérií  $B_j$  [16]

$$B_j = \sum_1^m P_{kj} \quad (7)$$

Příklad výpočtu koeficientu významnosti kritéria 1  $B_1$

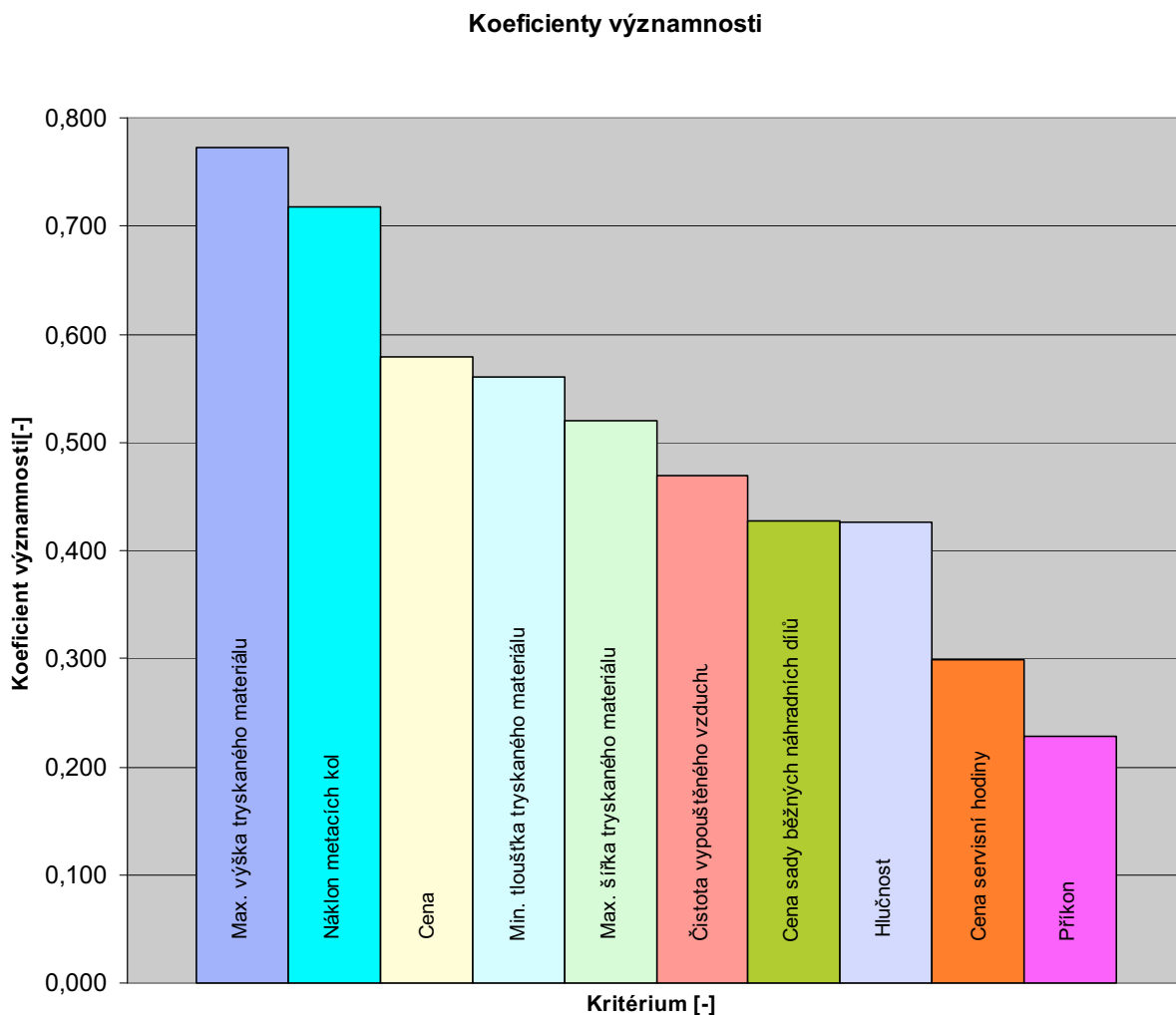
$$B_1 = \sum_1^p P_{k1}$$

$$B_1 = \sum_1^p P_{k1} = \sum_1^6 P_{k1} = 0,156 + 0,128 + 0,094 + 0,067 + 0,134 = 0,579$$

Koeficienty významnosti jednotlivých kritérií jsem dopočtl v tabulce 15.

Tab. 15 Vypočtené celkové váhy kritérií

Číslo Kritéria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Expert 1 - Ved. Výroby	0,156	0,141	0,063	0,141	0,109	0,125	0,063	0,047	0,078	0,078
Expert 2 - Ved. mistr výroby	0,128	0,191	0,106	0,170	0,106	0,064	0,043	0,043	0,085	0,064
Expert 3 - Ved. mistr přípravy	0,094	0,151	0,113	0,132	0,151	0,075	0,075	0,057	0,075	0,075
Expert 4 - Obsluha stroje	0,067	0,156	0,133	0,156	0,133	0,044	0,044	0,022	0,111	0,133
Expert 5 - Diplomant	0,134	0,134	0,104	0,119	0,060	0,119	0,075	0,060	0,119	0,075
B	0,579	0,773	0,520	0,718	0,560	0,428	0,300	0,228	0,469	0,425



Graf 5 Koeficienty významnosti

Kritéria jsem pro přehlednost seřadil a graficky vyjádřil v grafu 5. Největší hodnotu koeficientu významnosti má kritérium č. 2 výška tryskaného materiálu. Z grafu 5 je zřejmé, že technické parametry podle vyhodnocení expertů převýšily parametry ekonomické. Tento jev způsobil prvotní výběr expertů, kdy ekonomické aspekty bere na zřetel nejvíce expert č. 1 vedoucí výroby. Ostatní experty více zajímají technická hlediska stroje.



#### 4.2.4 Výběr stroje metodou PATTERN

Pro výběr stroje, jsem použil metodu vícekritériálního rozhodování PATTERN. Princip této metody spočívá v porovnání nejhorší hodnoty kritéria, které je přiřazen index 1, s ostatními hodnotami kritérií ovlivněných koeficienty významnosti. U kritérií typu výnos se hledá nejnižší hodnota, u kritérií typu náklad hodnota nejvyšší. Nejhorší kritéria jsem určil v tabulce 16. Tyto hodnoty jsou v tabulce zvýrazněny červeně. [16]

Tab. 16 Výběr nejhorších hodnot kritérií

Číslo Kritéria	Kritérium	Stroj 1	Stroj 2	Stroj 3	Jedn.	Typ kritéria
1	Cena	3 707 490	2 907 468	<b>6 572 500</b>	Kč	náklad
2	Max. výška tryskaného mat.	500	450	<b>400</b>	mm	výnos
3	Max. šířka tryskaného mat.	<b>1 000</b>	<b>1 000</b>	1 250	mm	výnos
4	Náklon metacích kol	<b>90</b>	85	<b>90</b>	°	náklad
5	Min. tloušťka tryskaného mat.	<b>6</b>	5	5	mm	náklad
6	Cena sady běžných náhr. dílů	81 851	63 208	<b>84 370</b>	Kč	náklad
7	Cena servisní hodiny	<b>600</b>	400	550	Kč	náklad
8	Příkon	54	54,3	<b>55</b>	kW	náklad
9	Čistota vypouštěného vzduchu	<b>1</b>	0,5	<b>1</b>	mg*m <sup>-3</sup>	náklad
10	Hlučnost	<b>85</b>	75	<b>85</b>	dB	náklad

Dílčí porovnání  $z_{ij}$  varianty s nejhorší variantou pro kritéria typu náklad [16]

$$z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} \cdot B_j \quad (8)$$

Kde:

$h_{bj}$  je hodnota nejhorší varianty

$h_{ij}$  je hodnota  $i$ -te varianty  $j$ -tého kritéria

Příklad dílčího porovnání kritéria 1 cena stroje 1 s nejhorší variantou

$$z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} \cdot B_j$$

$$z_{11} = \frac{h_{b3}}{h_{i11}} \cdot B_1 = \frac{6572500}{3707490} \cdot 0,58 = 1,028$$

Dílčí porovnání  $z_{ij}$  varianty s nejhorší variantou pro kritéria typu výnos [16]

$$z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bi}} \cdot B_j \quad (9)$$

Příklad dílčího porovnání kritéria 2 maximální výška tryskaného materiálu nabídky 1 s nejhorší variantou

$$z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bj}} \cdot B_j$$
$$z_{12} = \frac{h_{12}}{h_{b3}} \cdot B_2 = \frac{500}{400} \cdot 0,77 = 0,963$$

Relativní užitnost  $S_i$  varianty určím jako součet  $z_{ij}$ , vypočtené hodnoty jsou v tabulce

Tab. 17 Výběr nejlepší varianty

Kritérium j										
Č. kritéria	1		2		3		4		5	
Typ kritéria	náklad		výnos		výnos		náklad		náklad	
Varianta i										
1	3707490	1,028	500	0,963	1000	0,520	90	0,720	6	0,560
	1,773		1,250		1,000		1,000			
2	2907468	1,311	450	0,866	1000	0,520	85	0,762	5	0,672
	2,261		1,125		1,000		1,059		1,200	
3	6572500	0,580	400	0,770	1250	0,650	90	0,720	5	0,672
	1,000		1,000		1,250		1,000		1,200	
Bj	0,58		0,77		0,52		0,72		0,56	
Kritérium j										
Č. kritéria	6		7		8		9		10	
Typ kritéria	náklad		náklad		náklad		náklad		náklad	
Varianta i										
1	81851	0,443	600	0,300	54	0,234	1	0,470	85	0,430
	1,031		1,000		1,019		1,000		1,000	
2	63208	0,574	400	0,450	54,3	0,233	0,5	0,940	75	0,487
	1,335		1,500		1,013		2,000		1,133	
3	84370	0,430	550	0,327	55	0,230	1	0,470	85	0,430
	1,000		1,091		1,000		1,000		1,000	
Bj	0,43		0,3		0,23		0,47		0,43	

Největší hodnotu relativní užitenosti má průběžný tryskový stroj 2.

#### 4.2.5 Dotace EU

Vzhledem k tomu, že společnost FERRMON, spol. s r.o. v minulosti patřila k úspěšným žadatelům o podporu z garantovaného schématu Regionální podpora podnikům v Moravskoslezském kraji, a splňuje podmínky k udělení dotace, navrhuji požádat o dotaci na nákup navrhovaného nového průběžného tryskacího stroje. Navrhované zařízení svými technickými parametry značně převyšuje původní stroj. Velmi klesne také energetická náročnost, hlučnost a ekologická zátěž životního prostředí. Nákupem nového stroje dojde ke zvýšení efektivity, modernizaci a ke zvýšení konkurenceschopnosti firmy.

##### **Příklady realizovaných projektů:**

Název: Rozšíření produkčních kapacit společnosti FERRMON, spol. s r. o. dostavbou výrobního areálu  
Termín: 2005 - 2006  
Zaměření: Výstavba nové haly ve stávajícím areálu společnosti FERRMON, spol. s r. o. a získání certifikátu systému řízení jakosti dle ČSN EN ISO 9001:2001 a systému environmentálního managementu dle ČSN EN ISO 14001  
Rozpočet: 11 837 000 Kč  
Financování: 41,91% spolufinancováno EU, Programem SROP a Moravskoslezským krajem  
58,09% vlastní zdroje

Název: Vybavení prostoru pro nanášení barev  
Termín: 2006 - 2007  
Zaměření: Dodávka a montáž technologie lakovny  
Rozpočet: 5 700 000 Kč  
Financování: 53% investiční úvěr  
47% podřízený úvěr v programu PROGRES

##### **Navrhovaný projekt**

Název: Nákup průběžného tryskacího stroje  
Termín: 2011  
Zaměření: Modernizace strojního vybavení  
Rozpočet: 2 907 468 Kč  
Financování: 50% vlastní zdroje  
50% podpora z programu ROZVOJ

## 5 Výsledné řešení

### 5.1 Výběr varianty

Při výběru varianty vycházím nejen z finančních nákladů ale i z předpokladu dlouhodobého využívání stroje, jeho životnosti a technických parametrů.

U generální opravy je nutno počítat s kratší životností stroje, nižší výkonností a také je potřeba vzít v úvahu riziko častějších oprav. V kapitole 2.5.2 jsem vyčíslil náklady na opravy za roky 2007 – 2010 na 449 705 Kč. U varianty s generální opravou je vzhledem ke stáří a opotřebovanosti stroje potřeba později počítat s obdobnou tendencí těchto nákladů. Kladem generální opravy, v případě neschválení dotace EU, je její cena. V případě schválení této dotace cena generální opravy převyšuje cenu nového stroje. Profitem varianty nákupu nového zařízení jsou jeho technické parametry, nízká energetická náročnost, malá hlučnost a šetrnost k životnímu prostředí. Od ceny nového zařízení lze odečíst i prodejní cenu stávajícího zařízení, kterou odhaduji na cca 400 000 Kč. Cenové náklady na jednotlivé varianty jsem shrnul v tabulce 18.

Tab. 18 Ceny variant

Generální oprava [Kč]	Nový stroj bez dotace [Kč]	Nový stroj s dotací 50% [Kč]
1 705 500	2 907 468	1 453 734

Vzhledem k výše popsaným aspektům navrhuji společnosti FERRMON, spol. s r.o. nákup nového zařízení, a to i v případě neschválení dotace EU. Stávající zařízení navrhuji odprodat. Tímto řešením se zlepší konkurenceschopnost společnosti, pracovní podmínky a zároveň se sníží zátěž životního prostředí a dlouhodobé náklady na opravy, které lze využít na financování nového stroje.

## 5.2 Návratnost investice

### 5.2.1 Předpokládaná průběžná doba tryskání

U průběžné doby tryskání nového zařízení je vyšší rychlost dopravníkové dráhy a také vyšší výkon tryskacích kol. Časovou úsporu zde očekávám i v systému ometání a ofoukávání vytryskaného média z povrchu otryskaného materiálu. U stávajícího zařízení tyto úkony musí provádět obsluha stroje ručně. Tyto předpokládané hodnoty jsem uvedl v tabulce 19.

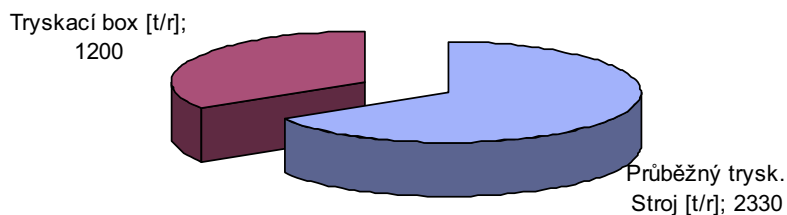
Tab. 19 Průběžná doba tryskání na navrhovaném zařízení

Pořadí operace	Činnost	Naměřený čas [s]
1	Naložení materiálu na vstupní dopravník	300
2	Spuštění zařízení	40
3	Tryskání	620
4	Vypnutí zařízení	40
6	Vyložení materiálu z výstupního dopravníku	260
$\Sigma$ [s]		1 500
$\Sigma$ [min]		21

### 5.2.2 Rozdělení kapacit mezi jednotlivá pracoviště

Po konzultaci s vedoucím lakovny jsem zjistil, že kapacita lakovny a tudíž i tryskacího boxu je ze 40% vytížena zakázkami, které neprodukuje středisko výroby. Proto hodnotu vypočtenou v kapitole 2.4.2 snížím ze 162 t/m na 100 t/m. Z tohoto údaje vyplývá hmotnost materiálu otryskaného v průběžném stroji 2330 t/r viz graf 6.

#### Rozdělení množství mezi pracoviště



Graf 6 Rozdělení množství mezi pracoviště

### 5.2.3 Návratnost investice bez dotace EU

Při výpočtu doby návratnosti od jednorázového nákladu odečtu předpokládanou prodejní cenu stávajícího zařízení.

Počet kusů otryskaných za rok  $n$

$$n = \frac{m_p}{m_v} \quad (10)$$

Kde:

$m_p$  je hmotnost ročně tryskaných konstrukcí je  $m_p = 2330 \text{ t}$  viz tabulka 2

$m_v$  je hmotnost výrobního představitele  $m_v = 361,8 \text{ kg} = 0,3618 \text{ t}$  viz tabulka 3

$$n = \frac{m_p}{m_v}$$
$$n = \frac{m_p}{m_v} = \frac{2330}{0,3618} = 6440 \text{ ks}$$

Doba návratnosti investice bez dotace EU  $T_n$  [15]

$$T_n = \frac{J - 400000}{N_1 - N_2} = \frac{J - 400000}{n \cdot N_h \cdot t_1 - n \cdot N_h \cdot t_2} \quad (11)$$

Kde

$J$  je jednorázový náklad  $J = 2907468 \text{ Kč}$

$N_1$  jsou roční náklady na výchozí stav

$N_2$  jsou roční náklady navrhovaného stavu

$n$  je počet tryskaných kusů

$N_h$  jsou celkové náklady (mzdové a režijní) na hodinu práce jsou  $N_h = 330 \text{ Kč}$ .

$t_1$  průběžná doba tryskání pro původní technologii  $t_1 = 29 \text{ min} = 0,48 \text{ h}$

$t_2$  průběžná doba tryskání pro navrhovanou technologii  $t_2 = 21 \text{ min} = 0,35 \text{ h}$

$$T_n = \frac{J - 400000}{N_1 - N_2} = \frac{J - 400000}{n \cdot N_h \cdot t_1 - n \cdot N_h \cdot t_2} = \frac{2907468 - 400000}{6440 \cdot 330 \cdot 0,48 - 6440 \cdot 330 \cdot 0,35}$$

$$T_n = 9,1 \text{ roků}$$

### 5.2.4 Návratnost investice s dotací EU

Doba návratnosti investice s dotací EU  $T_n$  [15]

$$T_n = \frac{J - 400000}{N_1 - N_2} = \frac{J - 400000}{n \cdot N_h \cdot t_1 - n \cdot N_h \cdot t_2} \quad (12)$$

Kde

$J$  je jednorázový náklad s dotací EU  $J = 1453734 \text{ Kč}$

$$T_n = \frac{J - 400000}{N_1 - N_2} = \frac{J - 400000}{n \cdot N_h \cdot t_1 - n \cdot N_h \cdot t_2} = \frac{1453734 - 400000}{6440 \cdot 330 \cdot 0,48 - 6440 \cdot 330 \cdot 0,35}$$

$$T_n = 3,8 \text{ roků}$$

V případě zohlednění finančních prostředků, které by bylo nutno vynaložit na generální opravu, by rapidně klesla doba návratnosti. Varianta s dotací EU je podstatně výhodnější než varianta s generální opravou, protože je levnější.

## **5.3 Návrh umístění pracoviště**

### **5.3.1 Analýza materiálového toku**

Pro vizualizaci materiálového toku jsem použil Sankeyův diagram. Průběh materiálového toku mezi jednotlivými pracovišti a halami je zde vyjádřen v měřítku. Sankeyův diagram je zobrazen v příloze č.3.

Z diagramu je zřejmé, že často dochází ke křížení materiálového toku, ale vzhledem k charakteru výroby (kusová až malosériová) je tomuto těžké zabránit. Mnohem větším problémem je zpětný materiálový tok, ke kterému dochází při dopravě plechových položek z haly přípravy II na tryskací stroj a po otryskání na jednotlivá pracoviště zámečníků, kde dochází k sestavení dílců a jejich sestehování. K velkému zpětnému materiálovému toku dochází také při dopravě již sestavených a svařených dílců na halu lakovny.

## **5.4 Návrh technologické dispozice**

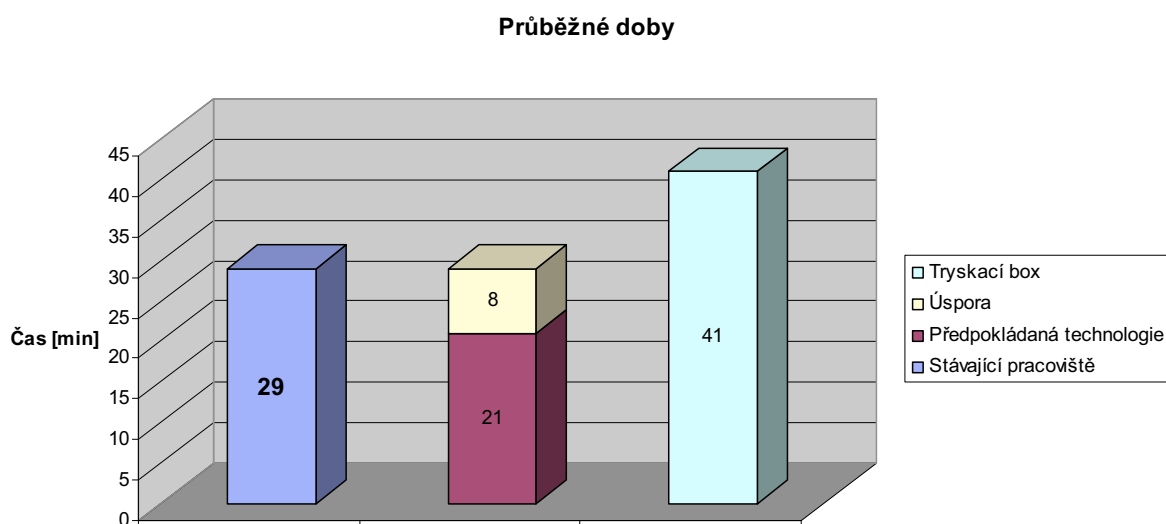
Z analýzy vyplynulo, že k velkému zpětnému materiálovému toku dochází při dopravě polotovarů z plechů z haly přípravy II na tryskací stroj a dále na jednotlivá pracoviště. Toto by lze eliminovat přemístěním tryskacího stroje do prostoru u vrat pro vstup materiálu viz příloha č.4.

K velkému zpětnému materiálovému toku dochází také při dopravě již sestavených a svařených dílců na halu lakovny. S ohledem na rozměry a prostorové rozmístění jednotlivých hal v areálu společnosti nelze materiálový tok optimalizovat, pouze za předpokladu rozsáhlých a finančně velmi náročných změn rozmístění strojů a pracovišť.



## 6 Zhodnocení navrženého řešení.

Navržené řešení modernizace pracoviště pro otryskávání materiálu, které jsem provedl z hlediska technického a ekonomického, spočívá v nákupu nového stroje a jeho umístění do stávající haly. Nový stroj převyšuje původní ve většině technických parametrů. Lze očekávat i rapidní zmenšení finančních nákladů na opravy stroje. Velkou výhodou nového stroje jsou nakloněné metací kola. Vzhledem ke způsobu vyložení tryskací kabiny manganovou ocelí, se rapidně sníží pravděpodobnost protryskání kabiny. Tento náklon kol umožňuje otryskávání již svařených dílců, což původní stroj nesplňoval z důvodu nulového náklonu. Zvýší se také kapacita pracoviště (viz graf 7), protože nový průběžný tryskací stroj má vyšší výkon metacích kol a větší rychlost válečkové dráhy. Tento návrh je v současné době již realizován viz obrázek 15.



Graf 7 Grafické srovnání průběžných dob tryskání

Výhody navrženého řešení:

- Úspora finančních prostředků vynaložených na opravy a údržbu
- Náklon metacích kol
- Předpokladatelná spolehlivost
- Kratší doby tryskání
- Nízká hluchnost
- Šetrnost k životnímu prostředí
- Úspora času z důvodu častých poruch současných zařízení
- Malá energetická náročnost
- Ometací a ofukovací zařízení



Obr. 15 Realizace návrhu

## **Závěr**

Cílem této diplomové práce je analýza současného stavu pracoviště tryskání materiálu a návrh řešení jeho modernizace s ohledem na finanční a technologické nároky pracoviště.

V první kapitole je stručně popsána technologie tryskání. Popis zahrnuje definici stupně čistoty materiálu a samotné požadavky na kvalitu povrchu. Dále jsou zde popsány základní metody tryskání včetně popisu tryskacích strojů.

Druhá kapitola se zabývá popisem současného stavu. Dále je zde provedena analýza s ohledem na výrobní program, poruchovost, náklady a kapacitní požadavky pracoviště.

V třetí kapitole je provedeno shrnutí základních nedostatků tohoto pracoviště. Tento soupis nedostatků slouží jako výchozí podklady pro vlastní návrh řešení. Byly stanoveny dvě realizační varianty. První variantou je generální oprava stávajícího zařízení, druhou variantou je nákup nového průběžného tryskacího zařízení.

Ve čtvrté kapitole je provedena finanční kalkulace obou možných variant. Jako výhodnější se jeví varianta nákupu nového stroje. Výběr stroje je proveden s využitím vicekriteriální metody rozhodování Pattern. Dále byla provedena analýza materiálového toku, s následným návrhem umístění do výrobní haly.

Následně bylo provedeno finální zhodnocení navržené modernizace pracoviště tryskání materiálu.

V závěru je možno konstatovat, že cílů stanovených v úvodu práce bylo dosaženo.

## Seznam použité literatury

- [1] MOHYLA M., *Technologie povrchových úprav kovů*, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006, třetí vydání, 156 s, 80-248-1217-7.
- [2] VITAM s.r.o. [online]. 2009 [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.vitam.cz/>>.
- [3] Metex [online]. [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.tryskani.net/>>.
- [4] METAL & BLAST [online]. 2010 [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.metalizace-piskovani.cz/>>.
- [5] ČSN EN ISO 8501-1:2007. *Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 16 s.
- [6] 1.TOUŠENSKÁ s.r.o. [online]. [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.1tousenska.cz/>>.
- [7] SPOLMONT s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.spolmont.cz>>.
- [8] PKIT Praha s.r.o. [online]. 2008 [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.pkit.cz>>.
- [9] OTECO CZ, spol. s r.o. [online]. [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.oteco.cz/>>.
- [10] Reno – Tech cz s.r.o. [online]. [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.piskovacky.cz>>.
- [11] WISTA s.r.o. [online]. 2010 [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.wista.cz>>.
- [12] Rösler Oberflächentechnik GmbH. [online]. [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.rosler-povrchove-upravy.cz>>.
- [13] Ferrmon spol. s r.o. [online]. 2005 [cit. 2011-05-6]. Dostupný z WWW: <<http://www.ferrmon.cz/>>.
- [14] SMETANA J., *Projektování technologických pracovišť*, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1990, první vydání, 195 s, ISBN 80-7078-033-9.
- [15] LÍBAL V. A KOLEKTIV., *Organizace a řízení výroby*, Praha: SNTL, 1989, šesté vydání, 560 s, ISBN 80-02-00050-5.
- [16] ŠAJDLEROVÁ I., *Organizace a řízení, cvičení I.*, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2003, 68 s, ISBN 80-248-0227-9.

## Seznam příloh

- Příloha č. 1:** Technické parametry stávajícího průběžného tryskacího stroje.
- Příloha č. 2:** Dopravně situační plán FERRMON, spol. s r.o.
- Příloha č. 3:** Rozbor materiálového toku.
- Příloha č. 4:** Návrh umístění nového zařízení.